

科学技術動向

2001年 9月号 No. 6

9月号の内容

1. 科学技術トピックス

1.1 ライフサイエンス分野

- (1) 真核生物転写酵素複合体のX線結晶構造解析
- (2) プロテオーム解析成果物への特許付与について

1.2 情報通信分野

- (1) 情報の知的可視化「ビジュアルデータマイニング」
- (2) 低消費電力設計に関する国際会議 (ISLPED'01)

1.3 環境分野

- (1) 炭層へのCO₂固定化技術開発の動向
- (2) ヒートアイランド現象の実態把握と対策

1.4 ナノテク・材料分野

- (1) 続々と発表されているスピントロニクス材料候補
—室温で強磁性を示す半導体—
- (2) 光—電子融合集積回路を実現する新技術

1.5 エネルギー分野

- (1) 太陽電池の技術開発動向
—第12回太陽光発電国際会議の報告より—
- (2) 省エネを推進するシリコン・カーバイトを用いた
電力用変換素子の開発動向

1.6 製造技術分野

- (1) 生産文化に関する講演会が開催される

1.7 社会基盤分野

- (1) 今なら兵庫県南部地震を予測できるか

1.8 フロンティア分野

- (1) 海洋科学技術センターでバイオベンチャー・
フォーラム開催

2. 特集：環境中の微量有害物質の計測に 関する動向

3. 特集：猛威を振るうコンピュータウイルス

4. 特集：カナダの科学技術政策動向

5. 特集：米国2002年度政府R&D予算編成の動向

Science & Technology Trends

September 2001 No. 6

文部科学省 科学技術政策研究所
科学技術動向研究センター

C CCCC

O CCCC

N NNNN

T TTTT

E EEEE

N NNNN

T TTTT

S SSSS

今月号の概要	1
1. 科学技術トピックス	
1.1 ライフサイエンス分野	3
(1) 真核生物転写酵素複合体のX線結晶構造解析	
(2) プロテオーム解析成果物への特許付与について	
1.2 情報通信分野	4
(1) 情報の知的可視化「ビジュアルデータマイニング」	
(2) 低消費電力設計に関する国際会議 (ISLPED' 01)	
1.3 環境分野	5
(1) 炭層へのCO ₂ 固定化技術開発の動向	
(2) ヒートアイランド現象の実態把握と対策	
1.4 ナノテク・材料分野	7
(1) 続々と発表されているスピントロニクス材料候補ー室温で強磁性を示す半導体ー	
(2) 光ー電子融合集積回路を実現する新技術	
1.5 エネルギー分野	8
(1) 太陽電池の技術開発動向ー第12回太陽光発電国際会議の報告よりー	
(2) 省エネを推進するシリコン・カーバイトを用いた電力用変換素子の開発動向	
1.6 製造技術分野	10
(1) 生産文化に関する講演会が開催される	
1.7 社会基盤分野	10
(1) 今なら兵庫県南部地震を予測できるか	
1.8 フロンティア分野	11
(1) 海洋科学技術センターでバイオベンチャー・フォーラム開催	
2. 特集：環境中の微量有害物質の計測に関する動向	
2.1 はじめに	12
2.2 物理的・化学的手法を用いた環境計測	12
2.3 生物学的手法を用いた環境計測	13
2.4 環境計測の方向性	14
2.5 おわりに	15
3. 特集：猛威を振るうコンピュータウイルス	
3.1 はじめに	16
3.2 ウィルスの概要	16
3.3 最近のウィルスのトレンド	17
3.4 ウィルス防止の動向	17
4. 特集：カナダの科学技術政策動向	
4.1 緒言	19
4.2 カナダでの産学連携と外資の取り込み	19
4.3 カナダの科学技術政策での新たな取り組み	20
4.4 カナダにおける研究人材の確保	21
4.5 結言	21
5. 特集：米国2002年度政府R&D予算編成の動向	
5.1 緒言	22
5.2 予算編成プロセス	22
5.3 大統領予算案の概要	22
5.4 下院予算案の概要	23
5.5 上院予算案の概要	23
5.6 予算案編成の動向	23
5.7 2002年度政府R&D 予算成立へ向けた見通し	24
5.8 クリントン前政権とブッシュ政権の科学技術政策比較	24
5.9 結言	25
科学技術動向研究センターのご紹介	26

今月号の概要

1. 科学技術トピックス

1.1 ライフサイエンス分野

(1) 真核生物転写酵素複合体の X 線結晶構造解析

酵母由来の転写酵素複合体を初めて原子レベルで決定することに成功した。この複合体は 10 個のタンパク質サブユニットから成る分子量約 46 万の超分子複合体であり、タンパク質複合体としては今までに解析されたうち最大である。

(2) プロテオーム解析成果物への特許付与について

米国サンディエゴで行われた Bio2001 の特許関連のセッションにおいて、米国特許商標庁のジョン・ドール (John Doll) 氏は、プロテオーム解析成果物に関して、特定の 2 次元電気泳動パターン of 出現により初期ガンの診断を行える方法を見出せば特許が得られる可能性はあるが、それ以外では難しいとの見解を示した。

1.2 情報通信分野

(1) 情報の知的可視化「ビジュアルデータマイニング」

様々なデータを高度な画像処理を用いてわかりやすく、かつ、新たな評価を行うビジュアルデータマイニングに関する学会である「可視化情報シンポジウム」が開かれた。ウエーブレット変換の手法を中心に広範囲への応用が検討されているが、参加者が旧流体工学専攻に偏っている点が問題である。

(2) 低消費電力設計に関する国際会議 (ISLPED' 01)

低消費電力を目的とした回路と設計に関する国際会議が開催された。今後急増が予想される情報機器の電力消費は、地球規模のエネルギー問題になりつつある。その低減のための革新的な手法の提言は無かったが、きめ細かい技術の積み重ねが重要であろう。

1.3 環境分野

(1) 炭層への CO₂ 固定化技術開発の動向

日本などでは、主に CO₂ を大気から分離回収する技術と海水に固定化する技術の研究が行われているが、地下深部の炭層に CO₂ を注入し固定化させると同時にメタンガスも回収する技術に欧米が高い関心を持っている。

(2) ヒートアイランド現象の実態把握と対策

環境省は、ヒートアイランド現象が大都市で広域化、長時間化しており、中小都市でも顕在化しているとする実態をまとめ、シミュレーション結果から都市化進行の影響と温暖化防止のための効果的な対策を明らかにした。

1.4 ナノテク・材料分野

(1) 続々と発表されているスピントロニクス材料候補 — 室温で強磁性を示す半導体 —

スピントロニクス (磁気を取り入れた新機能電子デバイス技術) を担うと期待される新しい強磁性半導体が日本で次々と発見されている。

(2) 光—電子融合集積回路を実現する新技術

シリコン基板上に化合物半導体を形成しデバイス化し電子回路と光回路を融合させる技術が、豊橋技術科学大学米津宏雄教授のグループと米国 Motorola 社から相次いで発表された。

1.5 エネルギー分野

(1) 太陽電池の技術開発動向

— 第 12 回太陽光発電国際会議の報告より —

シリコン結晶系太陽電池については、発電効率向上に関する成果発表が多かったが、前回に比

して大きな進展はみられなかった。一方の薄膜系太陽電池については、次世代を目指した実用化に関する報告が多くあった。

(2) 省エネを推進するシリコン・カーバイドを用いた電力用変換素子の開発動向

パワー半導体デバイス国際シンポジウムでは、従来のシリコン素子を凌ぐ世界最高の耐電圧特性を持つシリコン・カーバイドダイオードと、通電時のエネルギー損失が従来の 1/100 となるスイッチングデバイスに関心が集まった。また、電気学会産業応用部門大会では、シリコン・カーバイドを用いた機器の性能予測に関する講演に注目が集まった。

1.6 製造技術分野

(1) 生産文化に関する講演会が開催される

生産システムのグローバル化に関連して、地域に適合した技術移転および地域に適合した商品設計法についての講演会が開催された。

1.7 社会基盤分野

(1) 今なら兵庫県南部地震を予測できるか

地震予知連絡会は、「現在の知識と観測体制が兵庫県南部地震前にあれば同地震の発生が予測できたか」という検討を行い、「発生前に異常現象を認識できる可能性は高いが、実用的な予知、震源域の特定にはつながらない」との見解を発表した。

1.8 フロンティア分野

(1) 海洋科学技術センターでバイオベンチャー・フォーラム開催

海洋科学技術センターの深海バイオベンチャーセンターは、深海から採取された微生物資源とそのゲノム情報等を保有している。今後、産業界と連携し、これらを活用した新事業の起業を企図しているが、その契機となることを目指したフォーラムが開催され、多数の企業が参加した。

2. 特集 環境中の微量有害物質の計測に関する動向

現在、環境計測ではガスクロマトグラフィー/質量分析法(GC/MS)等の物理・化学手法が主流となっているが、必ずしも十分ではなく、それを補完する手法として、生物学的な手法が注目され、様々な研究開発が進んでいる。

本稿では、生物個体、生体物質、遺伝子組換え生物を用いる手法について紹介し、環境計測における、その位置づけを考察し、環境計測の今後の方向性について検討した。

3. 特集 猛威を振るうコンピュータウィルス

本年の7月から8月にかけて「サーカム(SirCam)」、「コードレッド(CodeRed / CodeRed II)」という二つのコンピュータウィルスが世界中で猛威を振るった。

本稿では、この二つのウィルスを中心に最近のコンピュータウィルスに関する動向と、なぜこれらが広まったかを検討し、最近のウィルス対策についても紹介する。

4. 特集 カナダの科学技術政策動向

カナダは従来米欧に流出していた研究人材を留める政策や、海外研究者、機関を誘致する政策などにより優秀な研究人材の流動を促して研究開発のアクティビティを上げることに成功している。その他バーチャルインスティテュートによる技術移転など科学技術政策の新しい試みについて触れる。

5. 特集 米国 2002 年度政府 R&D 予算編成の動向

本稿では最新の予算編成状況をもとに、米国の 2002 年度政府 R&D 予算について展望した。

米国では 2002 年度(2001 年 10 月～2002 年 9 月)を目前に控え、同政府予算の議会審議が大詰めを迎えているが、政府 R&D 予算の約 7 割を占める DOD および NIH の予算成立という最大課題が残っており、最終的に全機関の R&D 予算成立は年度開始後、数ヶ月程度ずれ込む見通しである。

1. 科学技術トピックス

以下は科学技術専門家ネットワークにおける専門調査員の投稿(9月号は8月4日より9月7日まで)を「科学技術トピックス」としてまとめたものです。センターにおいて、関連する複数の投稿をまとめ、また必要な情報を付加する等独自に編集するため、原則として投稿者の氏名は掲載いたしません。ただし、投稿をそのまま掲載する場合は、投稿者のご了解を得て、記名により掲載しています。

1.1 ライフサイエンス分野

(1) 真核生物転写酵素複合体のX線結晶構造解析

スタンフォード大学の R. Kornberg らは、最近、酵母由来の転写酵素複合体を初めて原子レベルで決定することに成功した(Science (2001)vol.292 No. 5523 Page 1863-1882)。この複合体は10個のタンパク質サブユニットからなる分子量約46万の超分子複合体である。分子量としては RNA-タンパク質複合体のリボゾームに次ぐ大きさで、タンパク質複合体としては今までに解析されたもののうち最大である。実際には、タンパク質のみから構成される転写酵素複合体と DNA と RNA を含む転写伸長中間体の立体構造を決定した。

転写複合体の全体構造はカニのはさみのような形で、10個のサブユニットのうち大きな2個のサブユニットによりその大部分が構成され、その他はこれらを取り囲んでいた。この構造はこれまでに得られた生化学的な解析結果や電子顕微鏡像とよく一致し、時期的に前後して構造解析された細菌由来の転写複合体やファージ由来の転写酵素との比較から、活性中心が高度に保存されていることもわかった。はさみのくぼみにある活性部位には活性に必須な二価イオンが存在することも判明した。さらに、異なる結晶構造の解析から柔軟性に富んだ基質 DNA の結合に重要な領域が見つかった。一方、転写伸長複合体の構造からは二重鎖 DNA 及び伸長中の RNA-DNA 複合体が結合しており、基質 DNA や転写される RNA の進行する経路を見ることができた。RNA 合成にはタンパク質の大きな構造変化がカップルしていることも明らかになった。

転写酵素複合体は転写に働く基幹構成要素である。しかし、この酵素は単独で働くわけではなく、様々な転写因子やリン酸化酵素によって時間的にも空間的にもその働きが調節されている。今回解析された複合体において、リン酸化によってその活性調節されている部分は、揺らぎのせいで構造決定には至らなかった。一方、転写複合体と直接相互作用する転写因子は数百

に上る。今後はこれら様々な転写調節因子との複合体解析が進められ、立体構造の観点から転写調節の詳細が解明されることであろう。

(生物分子工学研究所 森川 耿右氏より)

(2) プロテオーム解析成果物への特許付与について

2001年6月25日、サンディエゴで行われたBio2001の特許関連のセッションにおいて、米国特許商標庁のジョン・ドール(John Doll)は、最近のトピックスについて講演を行った。ドールは技術センター1600(生物学と有機化学に関連した発明を扱う審査部門)の責任者であり、1998年には機能不明な遺伝子断片に特許性があることを示唆する文章をサイエンス誌に寄稿して論議をよびおこすなど、その発言が常に世界の特許関係者から注目されている。今回の講演の中で、プロテオーム解析成果物への特許付与について言及がなされた。

ドールが述べたのは、「患者と健康者の細胞に由来するプロテオーム・サンプルをそれぞれ2次元電気泳動にかけることによって同定された、初期のガンの診断に用いることができるポリペプチド」という文言を、両サンプルの2次元電気泳動のパターンが得られただけの段階でクレーム^①に書き、特許出願したというケースについてである。この場合、有用性の要件は満足されているが、そのようなポリペプチドを発明者が把握していたかどうかを当業者^②が合理的に理解できないため、発明の記載に関する要件(Written Description要件)を満たさず、特許を付与することができない、という見解が示された。ただし、ある特定の2次元電気泳動パターンの出現によって初期のガンの診断を行えるような場合には、その方法をクレームすることによって特許が得られる可能性がある、ともドールは指摘している。

ドールの見解がそのまま米国特許商標庁の審査実務に反映されるとは限らないが、今後のプロテオーム関連分野の特許クレーム記載戦略を立てる上で、一つの参考になるだろう。

(東京大学先端科学技術研究センター 隅藏 康一氏)

用語説明

①クレーム

特許請求の範囲。発明を記載したもの。特許出願するためには、発明の内容を記載した明細書を提出する必要がある。明細書中に「特許請求の範囲(＝クレーム)」という欄があり、ここに記載したものが特許の対象となる。

また、「クレームする」とは、「発明をクレームとして記載する」という意味である。

②当業者

当該分野の技術知識を持つ専門家のこと。

1.2 情報通信分野

(1)情報の知的可視化「ビジュアルデータマイニング」

「知的」可視化とは、例えば流れの速度ベクトルを、計測データに基づきそのまま画像に可視化するレベルではない。データを人の見やすい3次元画像や時間変化のある動画に加工することや、画像計測から再度情報を分析し評価データを画像再生するなど、人とデータと画像の間での、密接なインターフェイス処理を意味する。この分野はデジタル技術の進歩に伴って必要となった分野で、「ビジュアルデータマイニング」と呼ばれる。数学理論とデジタル技術を駆使していろいろな手法が多方面へ応用されようとしている。

この分野の学会である可視化情報シンポジウム(可視化情報学会主催)が7月18日に工学院大学で開催された。

今回は多数の研究が「ウェーブレット変換^①」の応用に集まった(全体の1/4)。この手法はフーリエ変換のもつ周波数依存がなく、波形のデジタル化や解析に適する。さらに、全体の画像情報から各種情報の抽出が可能で新現象や新理解を得ることができる。本シンポでは流れのウェーク、ジェットの解析から磁界、電流分布、テニスのフォームなどの解析までの応用例が報告された。また、白百合女子大の堀井氏が行った文学の文体の画像分析の試みも紹介された。

新しい研究の芽として重要と思われるが、参加者が元流体力学の専攻に偏っており、もっと画像処理専門の学会での発表、評価が望まれる。

(石川島播磨重工業 塩冶 震太郎氏)

(2)低消費電力設計に関する国際会議

－ISLPED'01－

ISPLED(International Symposium on Low Power Electronics and Design)は毎年開催される低消費電力を目的とした回路と設計に関する国際会議である。今年は8月6～7日に米国カリフォルニアで開催された。

近年の情報機器の普及に伴い、2010年には、北米においては情報機器が消費する電力は全電力消費の50%に到達するという予測(第1招待講演: Cooling and Power Consideration for Semiconductors into the next Century)もあり、低消費電力設計は、単に情報分野だけでなく、地球規模のエネルギー関

題としても重要な問題になってきている。

本国際会議は、2並列セッションの構成で、一方が回路レベル(1スイッチあたりの電力消費削減)、他方がアーキテクチャレベル(スイッチ回数自体を減らすことによる電力消費削減)の低消費電力化を主に扱っていた。

筆者は主に後者を中心に調査したが、主なトピックは、近年の VLSI システムで電力消費の多い、「チップ間配線における信号遷移の削減(Session 6: Bus Encoding)」と、「チップ内の記憶素子のアクセス低減(Session 8: Architectural Techniques, Session 10: Algorithm Transformation and Caching)」であった。前者は、アクセスされるアドレスの局所性を活用してバスのエンコーディングを変更する手法がいくつか報告され、後者に関しては、アクセスの局所性を利用して特別な小容量メモリを活用する(容量が小さいと低いドライブ能力で済むので電力消費が減る)手法がいくつか報告されていた。

個々の手法は単純なアイデアにも思えるが、それらの効果は積分で電力消費削減に貢献するのでこれらの研究は益々重要になると思える。

(東京大学先端科学技術研究センター 中村 宏氏)

用語説明

①ウェーブレット変換

フーリエ変換と同じく、不規則に見える波(波形)を規則正しい波の重ね合わせとして表現する波形変換方式の一つ。フーリエ変換は正弦波の重なりとしてデータを表現するのに対し、ウェーブレット関数という局在する波を表す関数を用いる。画像のような局所的に激しく変化する波形に対して変換の精度がよいという特徴を持つ。画像圧縮や画像の検索に用いられる。

1.3 環境分野

(1)炭層への CO₂ 固定化技術開発の動向

大気中に放出されることで、地球全体の平均気温を上昇させることが危惧されている温室効果ガスとして、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、HFC(ハイドロフルオロカーボン)など6種類がある。このうち CO₂ は約94%の排出割合を占め、大気中の CO₂ 濃度増加が地球温暖化の主たる要因とされている。現在、日本、欧米を中心に、CO₂ 分離回収技術(化学吸収法、物理吸着法、膜分離法等)や、CO₂ 固定有効利用技術(海洋、地中、および植物体への固定化等)開発が行われている。

これらの技術開発が進められる中、石炭が CO₂ をメタンの数倍吸着する性状を利用し、地下深部の炭層へ CO₂ を注入・固定化する技術が欧米を中心に関心が高まりつつある。これは CO₂ 削減対策としてだけでなく、もともと炭層中に吸着されていたメタン(Coal Bed Methane :CBM)を注入した CO₂ と置換して、メタンガスを回収するという、未利用エネルギーの有効利用を狙った技術である。

米国エネルギー省では、2012 年の大規模フィールドテストを目指した CO₂ 固定プログラム計画を発表している。2002 年度の温暖化ガス固定化 R&D 予算は約 3218 万米ドルと、2000 年度比約 3.6 倍の大幅な予算増となっており、今後米国が注力していく姿勢が表れている。また、カナダでは ARC (Alberta Research Council) が中心となり、Alberta 州の炭層で CBM を回収する 1500 万加ドルのプロジェクトを進行中であり、2003 年には現地でのボーリングによる CO₂ 炭層注入を実施する予定である。さらに、オーストラリアやオランダでも精力的な研究が進められている。

これに関して、早稲田大学理工学総合研究センター麻生和夫氏は、今年 5 月に米国で開催された The 2001 International Coal bed Methane Symposium において発表された、「炭層への CO₂ 固定化モデル評価」研究成果について以下のように報告した。

このモデル評価研究では、

- 1) 広範に適用できる地質学的選定モデルの開発
- 2) Alabama 州の Black Warrior 堆積盆地における CBM 産出地帯の CO₂ 固定能力の定量的評価
- 3) CBM の増進回収の実証と炭火力発電所から発生

する CO₂ の大量固定に適した場所の選定が行われた。その結果、Black Warrior 盆地における CO₂ 固定能力の予備評価として、12～22 億トンの CO₂ 固定が可能としており、この量は現在のガス排出率で仮定すると、この盆地から排出される CO₂ の 72 年間分に相当する。米国は COP3 で提案された京都議定書の調印に反対しているものの、上述した CO₂ 削減対策を既に数年前からカナダと協同して研究している。我が国は、COP3 での議長国として、温室効果ガス削減に向け、イニチアシブを取るべき立場であるが、その裏付けとなる基礎研究があまりにも乏しい。21 世紀の中頃になっても、人類は依然として化石燃料に大きく依存しなければならないと言われている今日、CO₂ の削減・固定についての研究にもっと真剣に取り組むことが急務である。

(2) ヒートアイランド現象の実態把握と対策

環境省は、今年 8 月にヒートアイランド実態解析調査検討委員会(委員長:尾島俊雄早稲田大学教授)における検討の成果をもとに、ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について発表した。この発表について、(社)環境情報科学センターの山田義征氏は、以下のように報告した。

1) ヒートアイランド現象の実態について

アメダス等のデータを解析した結果「30℃を超えた延べ時間数」が過去 20 年間に東京、名古屋で 2 倍、仙台で 3 倍に増加するなど、ヒートアイランド現象が大都市域で広域化、長時間化しており、さらに中小都市でも顕在化していることが明らかになった。

また、熱中症を増加させるなど健康への悪影響をもたらし、冷房などのエネルギー需要増大等により、東京だけで夏季に約 29.5 万トンの CO₂ の追加的な排出をもたらしていると推計された。

2) ヒートアイランド対策のあり方について

ヒートアイランド現象をもたらす要因とその影響及び対策の効果を検証するため、都市及び街区スケールの 2 つのシミュレーションモデルを開発し検討を行った。都市スケールの予測結果からは、地表面被覆の人工化や排熱の増加が、ヒートアイランド現象をもたらし、都市化がさらに進行した場合には、現状よりも 30℃を超える地域・時間数が約 34%増加すると推定された。一方、緑化、透水・保水化などの対策を複合的に講じることで、30℃を超える地域・時間数が現状より 21%減少すると予測された。街区スケールの予測結果からは、

対策を実施する際には、高木による緑化、舗装の保水化や屋上の反射率向上などの対策が効果的であるという点が明らかになった。

3) 今後の研究課題について

ヒートアイランド現象のメカニズムは複雑であり、ヒートアイランド化の様々な要因についてバランスを見ながら対策を実施することが有効である。今後の課題としては、①対象都市の地域熱特性の把握、②対策技術の統一的評価、③地方自治体が自らシミュレーションでできる簡易なツールの開発、④熱大気汚染防止計画として体系化し計画的に取り組むことの重視、⑤その対策の際に目安とする定量的な指標の開発の5項目が挙げられる。

都市におけるヒートアイランド対策は、同時に地球温暖化防止に寄与する施策であり、「目に見える地球温暖化対策」としてインフォメーション効果があるとともに、都市の居住環境の改善、潤いと快適性のある都市環境の創出にもなり、都市再生の指標として社会の各主体に受入れやすいという側面がある。

1.4 ナノテク・材料分野

(1) 続々と発表されているスピントロニクス材料候補 — 室温で強磁性を示す半導体 —

半導体の持つ多様な電子・光機能に、磁性やスピンの持つメモリー機能を付け加えようとする研究が最近関心を集めている。スピントロニクスまたはスピンエレクトロニクスと呼ばれるこの分野では、集積回路を形成する半導体と磁気記録媒体の材料である強磁性体の特徴を併せ持ち、磁気メモリー、磁気センサー、超高速光スイッチなどこれまでに無い機能を持つエレクトロニクス素子の開発が目標の一つになっている。

5 年程前に東北大学電気通信研究所の大野英男教授のグループにより合成された(Ga,Mn)As が 110K で強磁性体になることが確認され、この分野が注目される契機となった。しかし、悩みの一つは、通常半導体素子が動作する室温(約 290K)で強磁性を示す良質な半導体材料が存在しないことであつた。ところが、室温以上で強磁性を示す半導体の合成例が最近、続々と報告されている。

- (Zn,Mn)O の 280K 以上の強磁性 [Ueda et al., Appl.Phys.Lett. 79,988 (2001)]
- カルコパイライト系(CdMn)GeP₂ の室温強磁性 [Medvedkin et al., Jpn.J.Appl.Phys. 39,L949 (2000)]
- (TiCo)O₂ の室温強磁性 [Matsumoto et al., Science 291, 854 (2001)]
- (Ga,Mn)N の強磁性 (T_c=940K) [Sonoda et al., Cond-mat/0108159]

室温で強磁性を示し、半導体として高い特性を持つ物質が出現すれば、電子・光機能デバイスの開発研究への影響は大きい。今後バンドギャップなどの半導体固有の物理量が磁場で大きく変動するような積極的データにより、スピントロニクス素子材料利用が実証されることを期待したい。

(2) 光-電子融合集積回路を実現する新技術

シリコン基板に化合物半導体結晶を成長させることは長年の夢であつたが、最近国内外で注目すべき発表があつた。耐久性があり量産化が実現しているシリコンと、より高速で動作し発光するなどシリコンでは実現しにくい機能をもつガリウム砒素(GaAs)やガリウムリン(GaP)などの化合物半導体を組み合わせた「光電子融合集積回路」の研究開発に今後弾みがつくであ

ろう。これまでは、シリコン基板上に GaAs などの化合物半導体を成長させるに際し、積層させた化合物半導体や基板のシリコンにどうしても欠陥や転位^①が生じてしまい、実用化につなげることができなかった。

豊橋技術科学大学の米津宏雄教授のグループは、無転位の量子井戸^②構造をシリコン基板上に形成することに世界で初めて成功した(2001 年 8 月)。同グループはそれに先駆けて同年 6 月に、化合物半導体であるガリウムリン(GaP)に 2%の窒素原子(N)を添加してシリコン基板上にエピタキシャル成長^③させる新技術を発表している。これにより両者の格子定数が一致し、シリコンと化合物半導体の一体化が無転位で実現させた。また、シリコン基板上に成長した無転位の GaPN 層で赤色の発光を確認している。今回は、その新技術を用いて半導体レーザを実現すべく GaAsPN/GaPN 量子井戸構造をシリコン基板上に無転位で成長することに成功した。

一方、米国 Motorola 社はシリコン基板上に GaAs を形成する新しい技術を発表している(2001 年 9 月 4 日)。同社の開発した技術では、シリコン基板上に GaAs を成長させる際に、最適化されたある物質の中間層をはさむ方法をとっている。今回開発した素子でパワーアンプを試作し、長期の動作実験でも問題なく動作することを確認した。現在、GaP をシリコン基板上で成長させるための中間層の最適化を模索中である。

これらの成果は、シリコン基板に電子回路を、化合物半導体層にはレーザーやマイクロ波素子や光導波路、光回路をも形成する各種の光-電子融合システムが同じチップ上に形成させる可能性を示しており、今後の進展が期待される。

一方、大口径の結晶が得にくいために GaAs や GaP を用いた素子は高価であるが、この技術を用いると低コストで耐久性に優れ高スピードなデバイスが量産される可能性もある。

用語説明

① 転位

結晶の変形に関わる線状の格子欠陥のこと。

② 量子井戸

バルク半導体では得られない物性を発現させるために、異種の半導体を組み合わせたもの。レーザや光スイッチ、光メモリーなどへの応用が考えられている。

③ エピタキシャル成長

基盤となる結晶面に、異なる結晶をある結晶学的な方向を保ちながらある成長させること。

1.5 エネルギー分野

(1) 太陽電池の技術開発動向

ー第 12 回太陽光発電国際会議の報告よりー

太陽光発電に関する主要な国際会議には、

- ① 日本を中心としてアジア・オーストラリア地区で開催され、開催国の関連機関が主催者となる PVSEC (International Photovoltaic Science and Engineering Conference: 太陽光発電国際会議)
- ② 米国で開催され IEEE が主催者の IEEE-PVSC (The Institute of Electrical and Electronic Engineers Photovoltaic Specialists Conference: 太陽光発電専門家会議)
- ③ 欧州で開催され The European Commission 等により後援される EU-PSEC (European Photovoltaic Solar Energy Conference: 欧州太陽光発電会議)
- ④ ①～③の国際会議の合同会議として数年置きに開催され、主催は3つの会議の主催者が共同で行う WCPEC (World Conference on Photovoltaic Energy Conversion: 太陽光発電世界会議)

の4会議がある。

このうちの太陽光発電国際会議について、2001 年 6 月 11 日～15 日に、韓国の JEJU 市(済州島)において第 12 回会合(PVSEC-12)が開催され、渡邊事務所の渡邊博之氏からシリコン系(Si)太陽電池及びモジュール・システムの分野の技術開発動向について、次のような報告があった。

PVSEC-12 会合では、世界各国から招待講演を含め総数 359 件(講演 154 件、ポスター 205 件)の太陽光発電に関する発表が行われ、400 名を超える専門家が参加した。日本からは最も多い総数 160 件の発表が行われた。

Si 系太陽電池の発表は、バルク結晶系関連が 51 件、アモルファス及び多結晶の薄膜系関連が 86 件あり、全発表論文の中で大きな割合を占めている。結晶系太陽電池は現在市販されている太陽電池の約 90%を占めており、高変換効率、低コスト化を目指した研究開発に関する発表が数多くあった。

変換効率について、Si バルク結晶系では、単結晶で 24.5% (素子面積: 4cm^2)、多結晶で 19.8% (1.1cm^2) および 17.1% (225cm^2) という値が実験室でのトップデータとして既に報告されているが、市販されている太陽電池では、100～225 cm^2 で、変換効率は単結晶で 14～17%程度、多結晶で 14～15%程

度に留まっている。これらの実験室値と市販値との差を詰めることを目的として、高い変換効率を持ち、量産性(高歩留、低コスト)良く生産するための製造方法、工程条件、生産設備等における技術開発が行われている。具体的には、バルク結晶成長、基板作製、p-n 接合形成、電極形成、表面低反射構造の形成、裏面接合の形成等に関する多数の発表があった。

今回の会議では、平成 11 年に札幌で開催された PVSEC-11 会合と同様に、Si バルク結晶系については変換効率の向上に大きな進展がなかった。しかし、例えば電極形成技術について、表面電極面積の減少、電極抵抗の低減、基板 Si との接触抵抗の低減、電極形成時の工程条件(特に熱処理条件等)の最適化など、改良に関する報告は多岐にわたっていた。

一方、薄膜系では、次世代での実用化を目指した多くの発表があった。アモルファスと多結晶 Si 素子を重ね合わせたタンデム型太陽電池では、従来 1cm^2 で 13%の変換効率であったものが 14.1%へと向上したとする報告があった。また、量産化による低コスト化の試算予測では、アモルファス Si/多結晶 Si タンデム太陽電池モジュールを例として、40MW/年以上の生産規模で 2002 年までに 200 円/Wまで低下できるとの報告があった。

今回の発表傾向から、今後も当分の間、Si 系太陽電池は実用的な太陽電池の主流を占めると予測される。

モジュール・システムの分野では 61 件の発表があり、米国サクラメント市営電力会社(SUMD: Sacramento Municipal Utility District)による太陽光発電システムの事業化報告等が注目された。

SUMD は、米国の公的電力会社のうちで6番目に大きい、将来の太陽光発電(PV: Photovoltaic)を安全で、信頼性と経済性があり、環境にも配慮してエネルギーを供給できる有力な方法の一つと捉え、1993 年から PV を計画的に大量に設置することにより価格を低減することを目的に導入を進めてきた。1993 年から 1998 年までの第1期計画では 600 軒の住宅に PV が設置された。1999 年から始まった第2期計画では、太陽光発電システムを購入設置した住宅の所有者は SUMD から補助を受けられるとともに、余剰電力は SUMD に市場電力価格で買い上げられる運営システムになった。PV の設置場所には、住宅の屋根以外に商用ビル、駐車場、教会、中型発電所等がある。2000 年末までに 8MW 分の設備が設置されており、2003 年までにさらに 7MW を設置する予定

で、設置量は計 15MW となる。SMUD は、2003 年までに PV システムが補助なしで設置可能となる競争力を持つようになると予測する報告を行った。

(2) 省エネを推進するシリコン・カーバイドを用いた電力用変換素子の開発動向

電気は利用形態に合わせて電圧・周波数等が変換利用されるが、中でも電気機器におけるインバータ化の進展がこれに大きく貢献している。電力需要の増大と省エネ普及の観点から、インバータのキーコンポーネントである電力変換素子の低損失化、小型化および高速制御性のさらなる向上が求められており、官民が研究開発を積極的に推進している。

今年 6 月に大阪国際会議場で ISPSD'01(第 13 回パワー半導体デバイス国際シンポジウム:電気学会主催、IEEE 共催)が開催された。本シンポジウムはデバイス分野における世界最大級の国際会議であり、年 1 回、日米欧で順次開催されている。今回は 18 カ国から 426 名(海外参加 140 名)の専門家が一堂に会し、省エネルギーを促進する新型大電力低損失デバイスや IT 化を牽引する高周波動作パワーデバイス等について、多くの発表があり活発な討論がなされたが、特に関西電力が発表した二つの成果に高い関心が集まった。

第 1 の成果は、従来のシリコン(Si)材料で実現困難な世界最高耐電圧 12.3kV の超低損失シリコン・カーバイド(SiC)ダイオードを開発したことである。この耐電圧性能は同程度の耐電圧を有する Si ダイオードと比較して、オン電圧が約 1/3(低損失化)、逆回復時間は 1/30(高速制御性)というものである。第 2 の成果は、従来の Si に比べ導通損失が 1/100 である、4.5kV 級 SiC スイッチングデバイスを開発し、先の SiC ダイオードと組み合わせた高耐電圧インバータ開発の見通しを得たことである。このインバータを電力系統安定化装置等に適用することによって、(1)機器の小型化が図れる、(2)送電線事故等による周波数変動の影響範囲が最小限にできる、などの大きなインパクトを発現できるとしている。

一方、今年 8 月の電気学会産業応用部門大会では、SiC を利用した機器性能予測についての講演があった。長岡科学技術大学の高橋勲教授は、「SiC 素子を用いた近未来電力変換とその応用」と題する講演において、SiC を使ったパワースイッチ(P-MOSFET^①)によるインバータの予想性能を発表した。P-MOSFET は従来の Si に比べ導通損失が 1/100

で、高速制御が可能、かつ高温(400℃)でも動作する特徴がある。そこでマトリックスコンバータ^②に P-MOSFET を採用することで、変換効率が従来の 95%程度から 99%以上へと向上するとしている。

現在、Si を使用した電力変換機器の開発が全盛であるが、機器に組み込まれているデバイス性能は Si の物性値に起因する限界に近づきつつあり、今後 10 年以内に飽和すると予想されている。機器の変換効率を 95%から 99%に上げるためには大変な技術開発を必要とするが、エネルギー損失面で見ると装置からの発熱量は 1/5 になる。また、SiC デバイスは耐高温性が優れていることから、冷却装置等の周辺装置が簡略化できるため、機器容積も従来型の 1/50 にできると報告している。

電力輸送・変換装置、家電製品の大幅な省エネルギー、高性能化への貢献が期待される SiC デバイスではあるが、機器設計開発に際しては、回路・部品・実装技術等、多くの関連技術の開発も求められる。有用性の高い電力変換素子の開発に対して、関連技術も含めた早期実用化が希求されている。

用語説明

①P-MOSFET

Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistorの略で、電界効果トランジスタの一種で。他のトランジスタ(バイポーラや接合型FET)を用いた回路に比べて消費電力が極めて小さい特長がある。

②マトリックスコンバータ

交流から任意の周波数・電圧の交流に直接変換可能な電力変換機器。

1.6 製造技術分野

(1) 生産文化に関する講演会が開催される

生産システムのグローバル化における技術課題は多々あるが、各地域(民族性、文化・風土などで区分された地域)に適合した技術移転のあり方(Bremen大 Klaus Ruth 博士)や、各地域に適合した商品設計法(東工大 伊東誼名誉教授)を検討することは今日的な課題であるとの視点から、両者の講演が日本生産文化学会のもとで東京大学にてなされた(7月18日、司会:東大 割澤伸一講師)。

前者は、イタリアがイランに納めた「すぐ使える製鋼設備」が、イラン人の操業による性能評価で当初の仕様性能を出すのに10年かかった例などを挙げて、一方向(水のように技術が高いところから流れて低いところに溜まる)の技術移転モデルの不備を働き、両方向学習(技術移転提供側も受け入れ側も学習し、両者が連結した組織を構成する形)の技術移転モデルを提案した。同モデルの狙いは効率的な技術移転と文化の異なる二者の連結による更なるイノベーションにある。

後者は、地域社会に対応できる工場を用意して地域特化商品(地域の顧客に対して高い付加価値を有する商品)を作るようになるとの予測をベースに、先ず、技術と経済以外の商品設計属性としての文化的属性(インフラ、人的資源、感性への適応など)について説明があり、続いて文化的属性を考慮した商品の例(人形:時代と共にデザインを変化させた息の長い嗜好的商品、工作機械:使用する人々の使い勝手などを考慮した商品、タイヤ:米国、欧州など仕向け地で機能・性能を変えた商品、など)が示された。文化的属性を考慮した商品を生み出すポイントは、文化的属性(理念型)を技術的属性(定量値)に変換するところにあるとの事である。

生産システムのグローバル化が加速する中、地域の文化的属性を重視する「生産文化の研究」が注目される。

1.7 社会基盤分野

(1) 今なら兵庫県南部地震を予測できるか

1995年1月の阪神淡路大震災の原因となった「兵庫県南部地震」の後、内陸の活断層による地震についての調査研究が多く行われ、また各種の観測網も充実した。

地震予知連絡会では、「もし現在の知識と観測体制が兵庫県南部地震前にあれば同地震の発生が予測できたか」という検討を行い、地震予知の実現への問題点を議論した。8月20日に出された見解の概要は次のとおりである。

- ・ 活断層研究の立場では、活断層系として十分な活動履歴調査が行われていれば、兵庫県南部地震を発生させた野島断層を要注意活断層として抽出できた。現在その観点で琵琶湖西岸断層系が注目される。
- ・ 長期的な地震活動の推移を見ると、兵庫県南部地震をはじめとする内陸の地震は過去に中規模の地震活動があった場所で発生しており、注意すべき地域は抽出されていた。
- ・ 中期的に見ても、震源域付近は空白域とされており、かつ周辺の広い地域で1~2年前以降静穏化現象や地震観測値の変化があるなど、異常の検出は可能であった。
- ・ 震源域では短期的な前兆現象として地下水の異常が観測されており、地震発生場所が事前に特定できていれば、地下水観測は有効である。また、電磁気現象の異常も生じている。
- ・ 地殻変動観測では地殻歪みの変化速度はわかるが現状では歪みの絶対量を知ることができないので、単独では内陸地震の予測には効果的でない。
- ・ 以上のように地震発生前に異常現象を認識できる可能性が高いが、実用的な地震予知の観点では、異常現象が必ずしも地震発生につながるとは限らず、地震が発生する場合でも異常現象から震源域を特定することが容易でない場合が多いことなどの課題がある。

なお、以上は内陸の活断層で発生する地震について検討したもので、東海地震など海溝(プレート境界)で発生する地震は性格が異なることに注意が必要である。

(国土交通省国土地理院 熊木 洋太氏)

1.8 フロンティア分野

(1) 海洋科学技術センターでバイオベンチャー・フォーラム開催

2001 年 7 月 2 日に、海洋科学技術センターの深海バイオベンチャーセンター(横須賀本部)の主催により、第 1 回バイオベンチャー・フォーラムが開催された。このベンチャーセンターは、深海から採取される貴重な微生物資源とそのゲノム情報を、産業界で活用し、新しい事業の起業に寄与することを目的として本年 4 月に設置されたものである。

フォーラムでは、①センターがしんかい・かいこう等の潜水調査船を活用し、マリアナ海溝等の海底泥からこれまでに数千菌株を取得・保存していること、②好アルカリ性細菌である *B.halodurans* の全塩基配列を決定し、現在遺伝子の機能解析等を実施していること、③工業酵素等を低コスト・大量生産するためのホスト・ベクター系を有しており、テラーメード酵素の作成のための共同研究が実施できることなどのセンターの研究活動が紹介された。

また、共同研究により取得した知的所有権の共同保有、共同研究の相手企業への優先実施権の付与など、共同研究を実施する上での諸条件・諸手続きなどについてセンター側から説明された。

会場には 100 人以上の参加者がおり、その内訳は太手の製薬、食品、化学などの企業のほか、商社、証券会社などの幅広い業界からであり、深海微生物資源に関する感心の高さがうかがえた。

こうしたバイオベンチャー・フォーラムは、今後も 2 回／年程度の頻度で開催される予定であり、企業側のニーズとセンターのシーズの接点を探り、共同研究などを通じた極限環境微生物の産業利用が進むものと期待される。

(海洋科学技術センター 辻井 薫氏)

2. 特集：環境中の微量有害物質の計測に関する動向

環境・エネルギーユニット 高野 潤一郎

2.1 はじめに

1950年代から1970年代にかけて、水俣病などの公害問題として深刻な様相を呈した環境汚染は、局地的に蓄積された有機水銀等の限られた物質が原因であった。しかし、今、我々が直面しつつある環境汚染は、広範囲にわたり微量に存在する多様な有害物質（例えばノニルフェノールやダイオキシン類などの内分泌攪乱化学物質）によって引き起こされている。

このような“微量有害物質”の計測は、現在のところ物理的・化学的手法が主流であるが、環境計測の手法としては必ずしも十分ではない。そこで、最近、これを補完するものとして“生物学的手法を用いた環境計測”について関心が高まっており、様々な研究開発への取り組みが始まっている。

本稿では、こうした物理的・化学的手法、生物学的手法を用いた微量有害物質の計測に関する最近の動向について解説する。

2.2 物理的・化学的手法を用いた環境計測

物理的・化学的手法を用いた環境計測には、ガスクロマトグラフィー/質量分析法(GC/MS)や高速液体クロマトグラフィー/質量分析法(LC/MS)があるが、以下ではGC/MSを取り上げ環境計測における現状で問題点を指摘したい。

2.2.1 GC/MSによる計測

GC/MSとは、夾雑物(計測対象以外の余分な物)を含む試料から計測対象物質を高分離能で分離するガスクロマトグラフィー(GC)と、化合物を高感度で同定する質量分析計(MS)の2つの装置から構成されるシステムを用いる分析法である。通常は、有機化合物の分離や定性、定量分析に用いられ、極めて高い精度で計測対象物質の質量を計測できる。

ところで、微量有害物質の計測では、GC/MSにはどの程度の精度が要求されるのであろうか。例えば、毒性の強いダイオキシン類については、わが国では1999年に日本工業規格(JIS)において検出下限が以

下のように定められている。

それによると、四塩素化物及び五塩素化物で0.1 pg(ピコ・グラム、1兆分の1グラム)、六塩素化物及び七塩素化物で0.2 pg、八塩素化物で0.5 pg、コプラナーPCBは0.2 pgとなっており^①、極めて微量な設定となっている。

なお、環境中におけるこれらの物質の存在量についての指標は濃度(水1g中に含まれる計測対象物質の質量に換算 単位は ppt:1/1兆、ppb:1/10億、ppm:1/100万)で示される。

2.2.2 GC/MSによる計測の問題点

環境中の微量有害物質を計測するために物理的・化学的手法を用いる場合には、試料中から計測対象物質を選択(抽出、精製等)するといった“前処理”が必要となり、通常物質を計測するよりプロセスが複雑となる。

上記のようにダイオキシン類の計測ではpptレベル精度が要求されるため、精度の高い計測装置(1億円程度と高額)を用い、しかも前処理にも時間がかかる。ちなみに、専門機関へ計測を依頼すると、1試料の計測に20万円程度の費用と1~2週間の時間が必要となる。また、本来は、試料採取場所以外での計測対象物質の混入などを防ぐためには、その場での計測が望ましいが、装置が大型のため実現は難しい。

以上のような点から、工場等における継続的かつ頻繁な計測や広域における多くの観測地点での計測は難しい。

2.3 生物学的手法を用いた環境計測

最近、物理的・化学的手法の限界を補うものとして、生物学的手法を用いた環境計測が注目されている。

生物学的手法を用いた環境計測は以下の3つに集約される。

- 生物個体を利用する手法
- 生体物質を利用する手法
- 遺伝子組換え生物を利用する手法

2.3.1 生物個体を利用する手法

動物や植物の個体や個体群を用い、それらの変化から微量有害物質の影響や毒性の程度を計測するものである。

例えば、内分泌攪乱化学物質の計測では、マウスやメダカをいくつかのグループに分け、異なる濃度の計測対象物質を投与し続ける、あるいはそれが存在する環境で数ヶ月間に渡って飼育しながら、個体の精巣や卵巣といった器官や組織の変化を観察する。

定量という点で、影響等が顕在化する目安となる量は計測できるが精密に行うには限界がある。また、数週間から場合によっては数年といった長い時間を要する。しかし、前節で述べた物理的・化学的手法では不可能である、生体に対する毒性の有無や具体的な影響が比較的、容易に計測できる。この意味で、この手法は環境計測の中では“毒性の判定”に向いている。

2.3.2 生体物質を利用する手法

ここでは、生体内で生成されるレセプター(受容体)や抗体を生体物質という。この手法は、こうした生体物質を組み込んだシステム、すなわち“バイオセンサー”を用いて計測するものである。

以下にレセプターと抗体を用いたバイオセンサーを各々紹介する。

(1) レセプターを利用したバイオセンサー

九州大学大学院工学研究院の村田正治氏は、内分泌攪乱化学物質を 30 秒から 1 分程度の短時間で計測できる小型バイオセンサーを開発した。

このセンサーは、女性ホルモン(エストロゲン)レセプター(受容体)を電極上に固定化した構造を持ち、測定溶液中に女性ホルモンに類似した内分泌攪乱化学物質が存在すると、電極上のレセプターの立体構造が大きく変化する。この結果、測定溶液中を流れる電流が変化し、この変化量を検知することにより濃度を短時間で正確に計測できる。この原理を用いれば、適切なレセプターを見つけ、女性ホルモン以外の内分泌攪乱化学物質を測定することが可能である。

(2) 抗原抗体反応を利用したバイオセンサー

財団法人電力中央研究所我孫子研究所の大村直也氏は、抗原抗体反応を利用して数種類の極めて微量の女性ホルモンやPCB等を高感度に計測できる簡易なバイオセンサーを開発した。

直径約 100 μ m 程度のプラスチック球に計測対

象物質となる抗原を吸着させ計測装置に入れておく。そして蛍光色素をつけた抗体と試料を混ぜた試験水を計測装置に流す。試験水中に抗原がない場合には、試験水に混ぜた蛍光色素をつけた抗体は全てプラスチック球上の抗原と結合して固定化されるため、プラスチック球に光を当てると強く発光する。一方、試験水中に抗原がある場合には、蛍光色素つき抗体と試料中の抗原が結合するため、プラスチック球上の抗原との結合は少なくなり発光強度は弱まる。試験水中に抗原がある場合とない場合の発光量の差から試料中の抗原の量を計測する。女性ホルモンの一つであるエストラジオール(E2)の場合には、1～100ppt の範囲で計測可能であり、計測に要する時間は 10 分程度である。

同研究所は、今年度中に縦横が 30cm 程度の携帯用簡易測定装置を開発する予定である。

2.3.3 遺伝子組換え生物を利用する手法

この手法は、特定の微量有害物質を生体内に取り込んだとき、それと特異な反応を示す遺伝子を組み込んだ生物により計測するものである。このような遺伝子は、物質の影響を教えるという意味で“レポーター遺伝子”といい、組み込まれた生物を“レポーター生物”という。例えば、特定のホルモンやそれに類似の物質が存在すると発色や発光する酵母が知られている。

以下にレポーター植物の研究例を紹介する。

北海道大学大学院地球環境科学研究科の山崎健一氏らは、水中あるいは土壌中の内分泌攪乱化学物質をモニターすることのできる遺伝子組換え植物の創製に取り組んでいる。

具体的には、この植物には遺伝子操作により、女性ホルモン受容体の遺伝子と、女性ホルモンによって発現が誘導されるタンパク質を蛍光タンパク質に置き換えた遺伝子とが組み込まれている。この結果、遺伝子組換え植物が、女性ホルモン受容体を活性化させる内分泌攪乱化学物質を吸収すると、その植物体内に蛍光タンパク質が生じる。

そして、植物に青色光を照射して出てくる緑色の蛍光の強度を測定することにより、蛍光タンパク質の量を比較的簡単に調べることができる。内分泌攪乱化学物質が多くなれば蛍光タンパク質量も増加するので、植物体の蛍光強度からその量を推定することも可能であると考えられている。

2.4 環境計測の方向性

これまでに述べた物理的・化学的手法と3つの生物学的手法の各々について、“環境中の物質量の計測”と“生体への作用量の計測”、さらに“計測における簡便性(時間、費用、測定する場所の選択)”について比較すると図表1のようになる。ここで、“生体への作用量”とは、生体内の特定の部位(レセプターや抗体など)と結合した物質の量を指している。これを比較の軸としたのは、環境中にいかに多量の物質があっても、それが生体と作用しない限り影響はないと考えられ、その作用量の計測が環境計測では重要とされるからである。

図表 1 環境計測手法の比較			
環境計測手法	環境中の物質量の計測	生体への作用量計測	簡便性
物理的・化学的手法	◎(ppq 可能)	×	△
生物個体を利用する手法	△	×	△
生体物質を利用する手法	○(ppt 可能)	◎	◎
遺伝子組換え生物を利用する手法	△	○	○

(◎:最適、○:適、△:部分的であれば適、×:不適)
(科学技術動向研究センターで作成)

物理的・化学的手法は試料中の微量有害物質を極めて高い精度で計測できる。2000 年 12 月には、国内の電子計測機器メーカーが1分以内に1 ppq(1000 兆分の 1)レベルでダイオキシン類濃度を計測可能な装置を開発している。

しかし、前処理が必要なこと、装置に可搬性がない点で簡便性に欠ける。また、いかに微量の計測が可能でも、その結果をもって生体への作用量や影響を知ることはできない。現在、簡便な前処理や計測装置の低コスト化を目指した研究、車載型の計測システムの開発などが進められている。

生物個体を利用する手法は、微量有害物質の影響の現れるおおよその物質量を計測でき、また具体的な影響を観察することができる。しかし、実験室で計測する環境(飼育条件)を一定にし、長期にわたり継続する点で簡便性に欠ける。現在は、個々の微量有害物質について個別に計測するしかないが、複数の物質による影響を同時に計測する手法の確立を目指す動きもある。

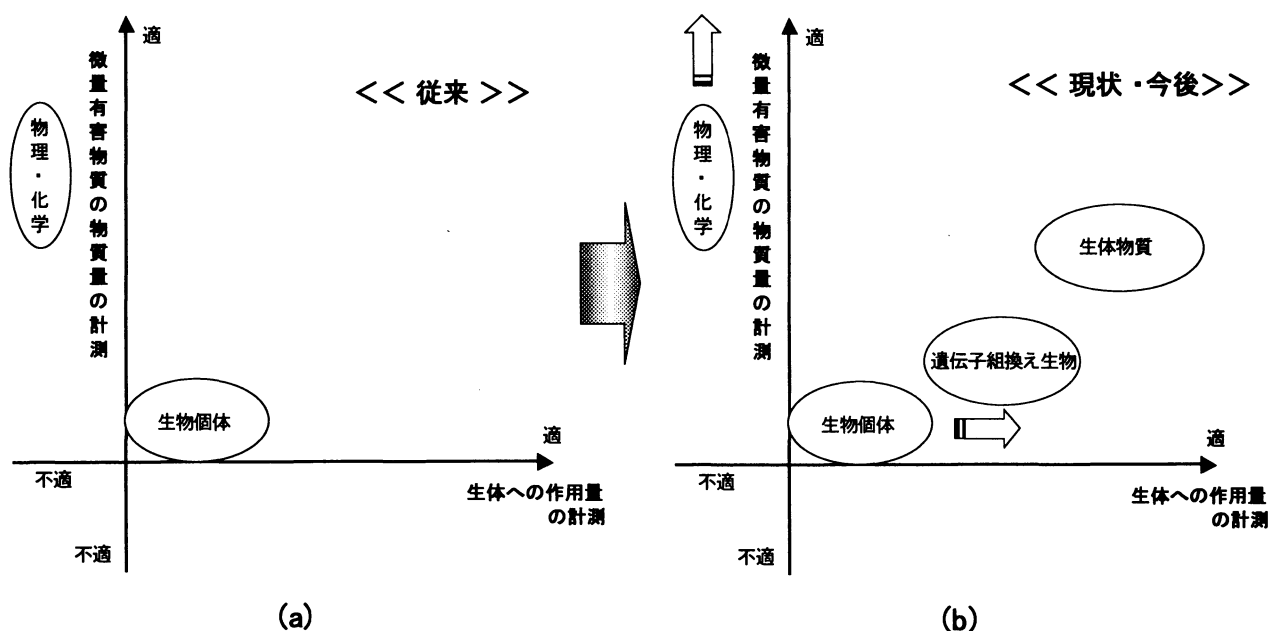
生体物質を用いる手法では、計測はコンパクトなセンサーにより行う。精度は高く(ppt レベル)、計測時間も短い上、可搬性があり、コストも安い。ただし、計測に利用できる生体物質は現在のところ限られており、また、作用部位を持った物質であれば、全て計測の対象となる点で留意が必要である。今後は、センサーとして利用できる抗体等を整備することが研究開発の主眼となろう。

遺伝子組換え生物を利用する手法では、計測対象の水、土等を用いてレポーター植物を栽培すれば計測できるため簡便な手法といえる。ただし、生体物質を用いる手法と同じように、今のところ計測に利用できる遺伝子が限られている。将来、この手法の開発が進めば、レポーター生物を広範な地域に分布させておき、長期にわたり環境の定点観測を行うことが可能となるであろう。

微量有害物質の物質量の計測への適合性と、生体への作用量の計測への適合性について、4つの環境計測手法をマッピングしたものが次ページの図表 2 である。

図表 2 (a) に示すように、従来の環境計測に関する構造は、物質量の計測については物理的・化学的手法が担い、生体への作用量については、その目安が判る程度の精度で生物個体を利用する手法が担っていた。それが、生物学的手法の強化により、現状と今後の方向は図表 2 (b) に示すように変わっている。すなわち、生体への作用量の計測が充実する方向にあることが看取できる。また、物理・化学的手法も精度が向上しており、生物個体を利用する手法も図表中に示した矢印の方向へ進展している。

図表 2 環境計測・評価法の分類(計測・評価対象)



2.5 おわりに

生体物質、遺伝子組換え生物を利用した生物学的手法については、研究開発が始まったばかりである。こうした手法を実現し、環境計測を多様にするために、以下のような取り組みが必要と考えられる。

通常、抗体の作製までに数ヶ月を要し、また、動物に対して毒性をもたらす物質の抗体の作製は困難である。そこで、この頒布や作製の支援を行い、センサー等に利用できる抗体等の生体物質の研究開発の基盤となるような仕組みが必要であろう。

また、開発された新たな手法の信頼性について検証を進め、適切な場合には計測方法としての公的な保証を与えることも、技術を普及させる上で欠かせないであろう。

昨年3月に「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」が施行され、環境の保全上の支障を未然に防止するため、化学物質の管理が強化された。また、同法では、指定

された化学物質の人の健康や動植物への影響に関する科学的知見を得るための調査を総合的に進めることが国の責務として明確に規定された。

これらを受け、今後は、本稿で例示した微量有害物質を含め、化学物質の環境における動態のモニタリングや、人および生態系への影響の評価が、より精緻に、かつ簡便に行なわれることが必要となってきた。

従って、生物学的手法による環境計測技術の研究開発を進めることで計測の手段を多様にするとともに、物理的・化学的手法の向上を進め、両者を適切に組み合わせた効果的な環境計測を実現していくことが望まれる。

注)

①JIS K0311「排ガス中のダイオキシン類及びコプラナーPCBの測定方法」およびJIS K0312「工業用水・工場排水中のダイオキシン類及びコプラナーPCBの測定方法」より。

3. 特集：猛威を振るうコンピュータウイルス

情報通信ユニット 山崎 哲也

3.1 はじめに

7月から8月にかけて「サーカム(SirCam)」、「コードレッド(CodeRed / CodeRed II)」という二つのウイルス^①が猛威を振るった。いずれも感染力が強く、症状(感染による被害)も重いという、悪質なものである。

ウイルス、ワーム、トロイの木馬^②など悪意のあるプログラムは年々その手口が巧妙になり、またインターネットの普及により感染速度が大きくなったことなどから、被害が深刻化している。

ここでは、上記二つのウイルスを中心に最近のコンピュータウイルスの動向を紹介する。

3.2 ウイルスの概要

3.2.1 SirCam

(1)特徴

SirCamは電子メールの添付ファイルを通じて感染するウイルス/ワームで、7月17日に出現した。添付ファイルを開くことで、PCに感染し、以下のような活動を行う。

MS Outlook/Outlook Express のアドレス帳、および「インターネットテンポラリファイル」フォルダのファイルにあるメールアドレスに対して、「マイドキュメント」フォルダからランダムに選んだドキュメントファイルや画像ファイルに自分自身を追加して添付ファイルとしたメールを送りつける。メールの題名は添付ファイルの題名、本文は英語またはスペイン語である。メール送信はワーム自身が行うため、正規のメールソフトに記録が残らず、ユーザが感染に気づきにくい。

10月16日に一定の確率でCドライブのすべてのファイルを消去する。

起動時に一定の確率でハードディスクの未使用スペースを埋めてしまう

SirCam は作者のプログラムミスから Windows NT/2000 では動作しない。また、大手企業や一部プロバイダーでは、これまでの教訓から、サーバの段階でウイルス除去を行うなどの対策が進んだため、2000年5月の「Love Letter(別名 I love you)」ウイルスほどは急

速な拡散は起こっていない。それでも個人ユーザを中心に感染が広がっていると見られる。日本のウイルス監視を行っている情報処理振興事業協会には7月21日から8月20日までに累計1441件の届出(内感染22%)が寄せられており、8月は単独ウイルスの月間届出件数としてこれまでの最高(1257件)を記録した。

(2)実際の被害

前述のようにこのウイルスはPC内のファイルをランダムに選んで送るため、個人や企業の情報が漏出してしまふ。FBI やウクライナ政府の公式文書が流出するなど被害もでている。日本でも長野や滋賀などの県庁のコンピュータが感染する被害がでている。米国のIT調査会社 Computer Economics 社は、8月末までに全世界で230万台以上に感染し、ウイルス除去費用やその間に失われた生産能力をあわせた被害金額は10億ドルに上ると推測している。

3.2.2 Code Red / Code Red II

Code Red は、Microsoft Windows NT/2000 に感染するワームで、IIS(Internet Information Server)というサーバ用プログラムのセキュリティホール(ある動作をしたときにセキュリティチェックが行えなくなるなどのセキュリティ上の問題点)を利用して感染する。

7月13日に拡散を始めたと考えられており、7月19日には9時間で25万台以上に感染したと推定されている。Microsoft は全世界で600万台に感染の危険性があると推定している。

感染した CodeRed は時間、日付によって以下のような動作を行う。

- ・ 感染2時間後から10時間:クライアントのウェブページアクセスに対して「Welcome to http ://www.worm.com! Hacked by Chinese!」という表示を返す。
- ・ 毎月1～19日:ランダムに生成されるIPアドレスのコンピュータに対し感染攻撃を仕掛ける。
- ・ 毎月20～27日:米国ホワイトハウスのウェブサイトにDdoS^③攻撃を仕掛ける。
- ・ 毎月28～月末:休眠期間となり、活動を停止する。

ホワイトハウスは7月19日にウェブサイトのIPアドレスを変更してDDoS攻撃を避けている。

Code Red は8月1日から再度活動を始め、再び被害が広がった。また、7月19日前後にVer.2と呼ばれる変種が、8月4日にはCode Red IIという、より危険度が大きい新種が発見されている。

Code Red IIはウェブページの改竄は行わず、サーバ内にバックドアツール(ハッカーが進入するための裏口)を残し、サーバをハッカーが自由にコントロールできるようにする。また、感染攻撃に使われるIPアドレスがCode Redより広い範囲で生成されるようになっており、感染範囲が広がる危険性がある。

個人用PCであっても、IISがインストールしてあればこのワームに感染する。また、実際には感染しなくとも、感染攻撃によるネットワークの負荷増大や、一部のルーター、モデムが不調を起こすなど二次的な被害も発生する。

(2) 実際の被害

前述のようにホワイトハウスのウェブサイトがアドレス変更を行った。また、米Federal ExpressやMicrosoftの無料メールサービスHotmailをはじめとして、多くのウェブサイトが感染やネットワーク負荷増大により閉鎖や業務支障などの被害を受けた。また、韓国や中国でも8月に入って被害が発生している。国内でも東京メトリック通信のネットワークが、このワームが原因と見られる通信障害を起こしている。情報処理振興事業協会は8月6日の段階で国内では数千台に感染していると推定している。Computer Economics社は、8月末までにCode Red全体で100万台以上が感染し、被害金額は26億ドルに上ると推定している。

3.3 最近のウィルスのトレンド

今回のSirCamとCode Redは最近のウィルスの特徴をよく示している。

SirCamのようなファイル感染型のウィルスは、ファイルがメールなどで送られ、それが開かれない限り感染しない。そのため、SirCamは自分自身でメールを送りつける機能を持つことで感染経路を急速に増やした。

また、感染したPCのアドレス帳を利用することで、知り合いからのメールと思わせる、メール、添付ファイルの題名をランダムにすることでウィルスであることを気づきにくくするなど、心理的なトリックを使用している。Love Letterウィルスをはじめ、最近はこのようなウィルスが多くみられる。

一方、添付ファイルを開かなくても感染する、メール本文がウィルスとなったものも発見されている(VBS、Happy Timeなど)。また、正確にはウィルスではないが、ホームページを開いただけで感染し、パソコンをクラッシュさせる悪質なプログラムも発生している(国内で8月18日に発生した)。このような感染速度を増加させる傾向以外に、新しく普及したIM(インスタントメッセージ)サービスや携帯情報機器を媒介としたウィルスの増加も懸念されている。

一方、Code Redではウェブ改竄とDDoS攻撃のためにウィルスが利用されている。これらは政治的デモンストレーションとして用いられることが多く、今回もホワイトハウスのウェブサイトが標的となった。また、Code Red IIのようにハッキングツールを残すことで、情報の不正取得を行おうとするウィルスも増加している。これらの特徴は従来のウィルス作家には見られなかった点で、ウィルス作家の性格が変わりつつある傾向と見られる。

3.4 ウィルス防止の動向

SirCamは、メールに添付されたファイルを開かなければ感染しない。また、各アンチウィルスソフトメーカーは発見直後に対応したウィルス定義ファイル^③を出しており、これが十分広まっていれば感染を防げたはずである。一方、Code Redが感染に利用したセキュリティホールは、6月19日に発見され、サーバが乗っ取られる危険性が高いとする警告と、対応するパッチ(欠陥を補正するための追加ソフト)がMicrosoftより公開されていた。また7月はじめにはこのセキュリティホールを利用してサーバに侵入するプログラムがインターネット上で流されており(その後削除された)、危険性は予想されていた。すべての該当するコンピュータにパッチが当たっていれば問題が無かったはずである。

しかし、実際にはいずれのウィルスも広く感染し、大きな被害をもたらした。その理由として以下のことが考えられる。

個人ユーザを中心にウィルスの危険性やアンチウィルスソフト更新の必要性を十分理解していない人が多い。

企業においてセキュリティ対策の重要性が十分理解されておらず、セキュリティ対策が徹底されていない。特にSOHOなどでは、十分な技術を持つ、専属のシステム管理者がいないところも多い。

セキュリティホールに関する警告は毎週のように出されるため、システム管理者がすべてに対応しきれない

(Microsoft のホームページには最近1年間に IIS 関連のセキュリティ情報だけでも 25 件が掲載されている)。

インターネット上では比較的早い時期に警告が寄せられるが、一般的なメディアに情報が流れるのは被害が広がってからである(主要新聞で SirCam の記事がでたのは7月24日 毎日新聞夕刊、Code Red については7月31日 朝日新聞夕刊である)。

ウイルスの作者が逮捕されることも最近は増えているが、ウイルスの発生には追いついていない。特に最近ではインターネットなどからツールが入手でき、比較的簡単にウイルスが作成できるような環境になっているため、元を絶つことは非常に困難であろう。

従来から企業向けにはセキュリティ対策サービス会社があったが、最近、ウイルス拡散を防ぐ方法として、メール感染型ウイルスの検出をインターネット接続業者のサーバにおいて行うサービスが始まっている。日本では7月に岡山の NDS 社が、8月から大手接続業者の Nifty がこのサービスを始めた。また、アンチウイルスソフトメーカの Symantec と IBM は、「Digital Immune System」と呼ばれるシステムを共同開発した。新種ウイルスの第一感染に反応し、これに対応したウイルス定義とソフトウェアを、すべての顧客に即座に配布するというものである。また、ウイルス定義のない新種ウイルスを検出するための研究も行われているが、実用化には時間がかかるであろう。

今後、ブロードバンドの普及、家電製品のネット接続など、ますますコンピュータが家庭に普及することを考えると、ウイルスの被害を少しでも低減するためには、最終的には個人における防御が重要となるであろう。そのためには、基本的なウイルス対策を広める一層の努力が求められる。教育機関でのIT教育においても、基本的なウイルス対策教育が十分行われることが必要であろう。また、少なくとも危険度の高いウイルスについては、テレビや新聞といった一般メディアでの注意の喚起が少しでも早く行われることが期待される。

※ZDNN、Nikkei Biz 等のネットニュース、情報処理振興事業協会セキュリティセンター、アンチウイルスソフトメーカ、CERT(カーネギーメロン大コンピュータ緊急チーム)、NIPC(米国家インフラ保護センター)等のホームページを参考にした。

用語説明

①ウイルス、ワーム、トロイの木馬

コンピュータに何らかの害を与えるプログラム全体が一般的にウイルスと呼ばれるが、狭義のウイルスとは、1)別のファイルに寄生する形を取り、これを実行すると感染する、2)感染すると自己の複製を他のファイル、コンピュータに作成する、3)一定の潜伏期間、またはトリガーによって何らかの症状を発現する、の特徴を持つプログラムを指す。

これに対しワームは、1)他のファイルに寄生しない、独立したプログラムである、2)自分で感染先を探し、感染する能力を持つ、と言う点が異なる。

トロイの木馬は、一見正常なプログラムであるが、裏でユーザが意図しない何らかの活動を行うプログラムを指す。感染行動を行うとは限らない点でウイルスやワームとは異なる。最近はこちらの特徴を併せ持つものが多く、SirCam も機能によってワーム、トロイの木馬両方に分類されている。

②DDoS (Distributed Denial of Service Attacks; 分散サービス拒否攻撃)

サービス拒否攻撃(DoS)とは目標のウェブサイトに対して同時に多数のアクセスをかけることで、サーバやネットワークを過負荷に陥らせ、サイトのサービスを停止させる攻撃である。DDoS はこの攻撃を複数の地点から行うことで、特にハッキングなどで無関係のコンピュータを多数乗っ取り、攻撃に参加させることを指す。

③ウイルス定義ファイル

ウイルスのプログラムに特徴的なパターンを定義するデータで、アンチウイルスソフトはこのパターンを用いてウイルスの検出を行う。パターンはウイルスによって異なるため、常時更新していないと新しいウイルスに対して無力となる。

4. 特集：カナダの科学技術政策動向

総括ユニット/情報通信ユニット 小笠原 敦

4.1 緒言

最近米国シリコンバレーのハイテク企業経営者の間では、米国景気低迷による収益構造の悪化、長期に渡った好景気によるレイバーコスト上昇の問題、さらにはカリフォルニア州の電力危機、電力コスト上昇等により、生産拠点・研究開発拠点の移転が真剣に議論され、移転先としてはカナダが有力な候補として挙げられている。実際2000年第4四半期の投資資本は米国では30%減少し、同時期にカナダでは50%増加しているが、米国の投資がカナダへ流れていると見ることができる。

カナダは優遇税制措置によって海外企業の研究拠点誘致を行うだけでなく、米国シリコンバレーの頭脳を中心となったスタンフォード大学のように核となる産学連携の構築や、起業家にとって魅力あるIPO（新規株式公開）奨励策等、政策面においても非常に積極的な動きを見せている。

日本においてはカナダの動向は米国の陰に隠れて認識され難い側面があるが、米マイクロソフトに最も多くの人材を送り出しているウォータールー大学をはじめ、この数年においては最先端の光ファイバー通信でトップを独走してきたNortel Networksなど、コンピュータソフトウェア、通信部門では日米を凌駕して世界トップの技術部門も数多く存在する。

このような産業政策の側面は最近ではJETRO（日本貿易振興会）のレポートでも取り上げられ注目されつつあるが本稿では科学技術政策の側面に焦点を置き、カナダの特徴を分析して行くことにする。

人口は日本の約1/4（カナダ：約3千1百万人、日本：約1億2千7百万人）にすぎないが、自然科学分野でのノーベル賞受賞者数は日本と同数（合計6名、カナダ：物理学賞2名、化学賞3名、生理学・医学賞1名、日本：物理学賞3名、化学賞2名、生理学・医学賞1名）であり、情報・通信分野だけでなく物理学、化学、医学・生理学等の基礎科学分野にも強い。

（Brain Drain）、技術流出が大きな問題であったが、それを克服して逆に呼び戻し呼び寄せ、積極的に人材流動、ミキシングを促すことにより研究アクティビティを上げることに成功しつつある。

研究・開発に対するマッチング・ファンド制度、産業クラスター構築等、日本でも取り入れつつある施策を先駆的に実施してきた点も注目に値するが、そのような研究インフラストラクチャーの構築とともに、カナダでは新たなナレッジ・クリエーション（知の創造）には、異文化との人材流動、ミキシングが非常に重要であるという認識を有していることに大きな特徴がある。

4.2 カナダでの産学連携と外資の取り込み

一般の日本人には馴染みが薄いのが、トロントから米デトロイト方面へ車で1時間ほどのところにウォータールーの街がある。メープルシロップの産地としても名高いが、コンピューターサイエンスの研究では米国を含めた北米大学のランキングにおいてトップクラスの大学であるウォータールー大学があることでも有名である。人口400万都市トロントの近郊ではあるが、農業で自給自足しランプや馬車での生活が残る St. Jacobs 地区が隣接する自然に溢れた所でもある。冒頭でも述べたが、米マイクロソフトに最も多くの卒業生を送り出していることでも知られている。

このウォータールー大学を核としてウォータールー、キッチナー、ケンブリッジの3市に跨るICT（情報産業）クラスター、CTT（Canada Technology Triangle）が形成されている。IT関連ではこのCTTのほか、ノーテルネットワークスをはじめノキア、アルカテル等、内外の通信機器メーカーの研究機関が集積したオタワ地域、映画の特殊効果に使われる3D画像ソフトウェア等マルチメディア関連のIT企業のあるモントリオールを含めた3ヶ所がカナダ東部のクラスターとして知られている。（カナダ西部ではバンクーバー、カルガリー、エドモントンでクラスターが形成されている。）

従来、カナダから米欧への研究・開発人材流出

この中で CTT の中心となるウォータールー大学で、

米国では見られない展開を見せたベンチャー企業の事例を紹介する。

Waterloo Scientific 社はウォータールー大学の教授でもある C.J.L. Moore らにより1980年代に通信用レーザや CD/MD/DVD 等のディスク用レーザ、衛星放送や携帯電話用の高周波素子等、現在非常に脚光を浴びているデバイスに用いられる化合物半導体の評価機器メーカーとして設立された。非常に高度な物理学的知識を要するフォトルミネッセンス装置、X線回折装置の開発、製造を目的としていた。

しかしカナダの無名のベンチャーということもあって営業的には苦戦し、1996年にオランダのフィリップスの資本参加を受けることとなる（社名も Waterloo Scientific 社から Philips Material Characterization Systems : PMCS と改称）。フィリップスはオランダに強大な半導体計測器の研究・開発部門を持ち、特にX線回折装置ではトップシェアを誇っていたこともあって吸収されてしまうのではないかと懸念があった。

ところがウォータールー大学のコンピューターサイエンス部門をバックボーンに持つ PMCS は、高度なソフトウェア技術、シミュレーション技術を駆使してX線回折装置の制御用ソフト、データ解析ソフトを開発し、オランダの本体を圧倒してしまった。オランダの装置についての高度な精密技術とカナダの高度なソフトウェア技術との一体化により、フィリップス計測器部門は一段と強大になり、また PMCS もオランダに呑み込まれることなく独自の特徴を活かすことに成功したのである。

これは外資による資本参加を受けていても、技術的には産学連携による独自技術がその外資の実力を上回り、結果的に自国に技術的にも人材的にも利益をもたらしたという一例である。

4.3 カナダの科学技術政策での新たな取り組み

前項ではIT関連について述べたが、米欧と同様にカナダにおいても次の研究開発の重点はIT重視は継続しながらもナノテクノロジー関連と、バイオテクノロジー／ライフサイエンス関連にシフトしつつある。

ナノテクノロジーについては8月17日、アルバータ大学に今後5年間で1億2000万カナダドル（約94億円 1C\$ = ¥78.4）を投入して世界トップレベルの国立研究所（NIN : National Institute of Nanotechnology）を設立する計画が発表された。この研究所が設立されるのは、保健・医療分野からエネルギー、コンピュータテクノロ

ジーにまで至る広範な技術分野で、ナノテクノロジーがブレークスルーの鍵を握ると考えられているからである。この予算についてはNRC(National Research Council)を通した政府予算と、アルバータ州政府予算が各々50%で構成される。人員規模は200名程度が予定されている。

先に述べたIT関連の研究・開発と同様、クラスター構築型の政策がとられていることがわかる。

一方ライフサイエンス関連については、今まで述べたIT、ナノテクノロジーとは対照的に、バーチャルインスティテュート構築型の政策が試みられている。

ライフサイエンス分野の政府研究資金の援助と調整は、2000年に発足したCIHR(Canadian Institutes of Health Research) が主に行っており、2001年～2002年のベース予算は4億7700万カナダドル（約374億）である。

NRCに所属し、現在在日カナダ大使館の科学技術担当参事官でもあるフィリップ・ヒックス氏は、

「CIHR傘下の研究所は、一ヶ所に集めるような形はとりません。13のバーチャルインスティテュートを設け、大学や病院その他の研究機関にいる研究者を横断的にサポートし、リンクするものです。このバーチャルインスティテュートには、バイオメディカル、臨床医学、医療システムとサービス、人口の健康への影響など社会的・文化的な問題の研究を含む4つの研究の柱があります。このような研究領域では関連する研究分野も多岐にわたり、一つの問題を解決するためにも多様な知識が必要となってきます。そのためには様々な学問領域、研究機関を包括するバーチャルインスティテュートは有効な手段となっています。

また、広大なカナダの地理的な隔たりを埋めるためにも有効な手段なのです。そして、実際のリアルに研究を実施する機関、病院等はそのままなので、成果の技術移転が素早くスムーズに進むというメリットがあります。これは世界的に前例の無いカナダの独創的なアプローチです。」

と、語っている。

さらに最先端のゲノムサイエンス関連ではGenome Canada と命名されたノンプロフィットコーポレーションの形態をとる試みがなされ、3億カナダドル（約235億円）を連邦政府から受けて5つのゲノムセンターを国内に設立している。このGenome Canada では22の大規模プロジェクトのサポートが行われており、ヒューマンゲノムだけでなく、農林水産、環境、法的問題、倫理的問

題の研究等、ゲノムに関連した広範な研究をカバーする。産学官にわたる2000人の研究者・技術者を擁し、700人以上の学生、ポスドクのトレーニング機会をも提供する計画となっている。117を超える大学、病院、ノンプロフィットファウンデーション、企業が参加する予定である。

4.4 カナダにおける研究人材の確保

前項までにカナダにおける科学技術政策の特徴(IT＝クラスター構築型、ライフサイエンス＝バーチャルインスティテュート構築型)を述べたが、次にカナダにおける研究人材確保についての特徴を述べる。

カナダでは長年国境を接する米国への研究人材流出(Brain Drain)が問題となっていた。例えば米マイクロソフトでウォータールー大学の卒業生が最も多いということはカナダの学生の能力が高く評価されているということの反面、それだけ優秀な学生が流出しているということも意味している。

USドルとカナダドルの格差が収入面でも同じように出るため、どうしても高収入を目指せば米国を指向することになるのは仕方がないことである。

そのような背景を踏まえてカナダ政府はいくつかの政策を実施している。

まず、研究者の海外流出を防ぐために研究者の待遇改善を行うための施策として、研究施設の改善と収入面での処遇改善を挙げている。その施策の中で最も際立つのが「リサーチ・チェア」の創設(2002年)である。これは今後5年間に9億カナダドル(約706億円)をかけて、大学や附属研究機関、附属病院の中核となる研究者2000人を「リサーチ・チェア」として高い処遇をするというものである。これによりその中核研究者の給与水準を～2倍近くに引き上げ(年俸2千万円以上を確保)、世界トップレベルの研究者をカナダに確保することをすることができるとしている。これはカナダ出身の優秀な研究者の流出を防ぐとともに海外のトップレベルの研究者を招致することが可能になるということも意味している。

ただし研究人材流出については必ずしも全ての面で否定的ではないとのことであった。前出のフィリップ・ヒックス参事官、在日カナダ大使館の阿部のりこ科学技術調査官によると、「カナダにおける新たなナレッジ・クリエーション(知の創造)は、人材流動にともなう異文化融合による要素が大きい。米欧に出て行く者もいれ

ば戻ってくる者もいる。例えば米国のシリコンバレーへ行ってワーカホリックに働いて稼いで来る者もいれば、その生活に疲れて癒しを求めてカナダへ戻って来る者もいるというように。そのような流動の中で異文化に接したり、異文化を持った研究者に直に触れることによって、従来の常識を破る新たな発想や独創的な理論が生まれるのではないか。創造が活性化されるのではないか。」

とのことであった。

4.5 結言

日本ではカナダのイメージは米欧の間に挟まれてしまっている側面があるが、G7諸国の中でカナダは米国とともに国民勘定ベースで見た政府の総合収支が黒字の国であり(97年より)、非常に高い国力を持ちつつある。その成功については参考にすべき点が多いと思われる。

特に海外の技術、研究成果を自国に取り込んでしまうという視点には興味深いものがある。カナダは技術を基盤とした経済成長にはFDI(Foreign Direct Investment＝海外からの直接投資)が非常に重要であると認識を持っており、オタワでのノキア、アルカテル、カルガリーでのIBM等大企業だけでなく、ベンチャーにおいても多くの海外からの研究開発投資を呼んでいる。また政府の研究においても海外とのパートナーシップ、アライアンスを重視している。そしてその研究成果を投資国だけの成果とするのではなく、自国の資産とする基盤が出来上がっているのである。

日本においても海外からの研究開発投資、優秀な研究者を取り込みつつ、成果が日本にきちんと残り、さらには日本の研究者の処遇、人材育成面においてもプラスとなるような仕組みづくりが求められるのではないかと考えられる。

またナレッジ・クリエーション(知の創造)の活性化のような議論は、日本のノーベル賞受賞者増議論の参考にもなると思われる。

5. 特集：米国 2002 年度政府 R&D 予算編成の動向

情報通信ユニット 清貞 智会

5.1 緒言

米国では 2002 年度(2001 年 10 月～2002 年 9 月)を目前に控え、同政府予算の議会審議が大詰めを迎えている。

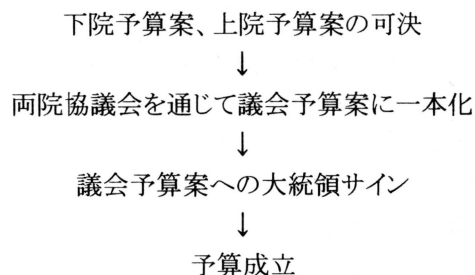
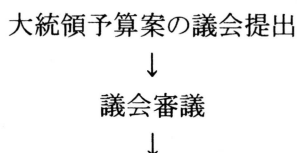
本誌 5 月号の特集「日米欧の政府 R&D 予算に関する政策動向」では、米国の 2002 年度政府 R&D 予算について、4 月 9 日に発表された大統領案をもとに概観した。ただし、大統領案の発表時には、政府 R&D 予算の約半分が配分される DOD(国防総省)が本格的に国防政策を見直している最中であつたため、大統領案では、同省の予算要求として、一時的に 2001 年度予算にインフレ換算等を加えた値が用いられた。

その後、6 月末に、上記の国防政策の見直しが完了し、大統領案における DOD の R&D 予算が上方修正された。また、大統領案を受けて、下院、上院はそれぞれ予算審議を進めており、既に両院から DOD と NIH を除く機関の予算案が発表されているが、これら両院の予算案は、多くの点で大統領案と異なっている。さらに、8 月 28 日、議会予算局は 2002 年度の GDP 実質成長率を、今年 1 月に示した 3.4%から 2.6%に下方修正した。この修正値は、2 月 28 日に発表された大統領予算教書において、ホワイトハウスの予算管理局が見積った同 GDP 実質成長率(3.2%)をも下回っており、2002 年度予算へ圧縮プレッシャーを強めている。

以上により、2002 年度政府 R&D 予算は、5 月時点の見通しからかなり異なったものになる可能性が高い。このため、本稿では最新の予算編成状況をもとに、米国の 2002 年度政府 R&D 予算について展望する。

5.2 予算編成プロセス

米政府の予算編成は下記のプロセスに沿って行われる。

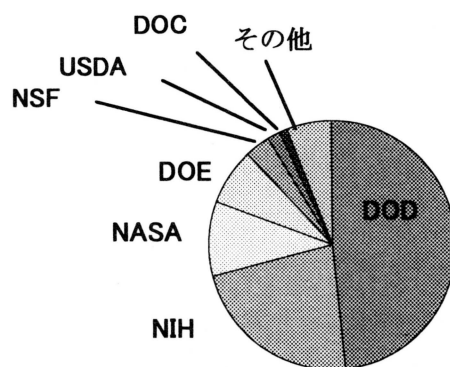


米国では予算作成権は大統領でなく議会が持つため、大統領案は議会審議を経て大きく変更されることがある。

5.3 大統領予算案の概要

2002 年度政府 R&D 予算について、大統領案に DOD 予算の修正を加えたものを図表 1 に示す。

図表 1 米国の 2002 年度政府 R&D 予算に関する大統領案

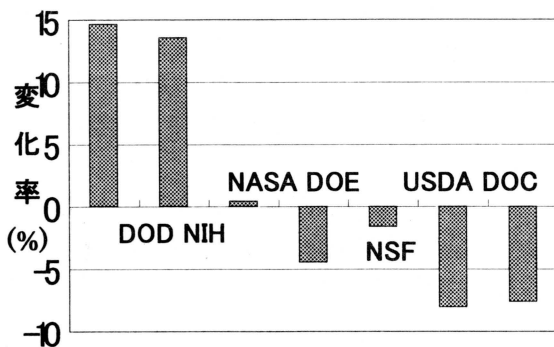


DOD: 国防総省 NIH: 国立衛生院
NASA: 航空宇宙局 DOE: エネルギー省
NSF: 国立科学財団 USDA: 農務省
DOC: 商務省

注: AAAS Report XXVI: R&D FY 2002およびR&D in the FY 2002 Department of Defense Budget, AAASをもとに作成

また、同大統領案の対前年変化率を図表2に示す。

図表 2 2002 年度政府 R&D 予算に関する大統領案の対前年変化率



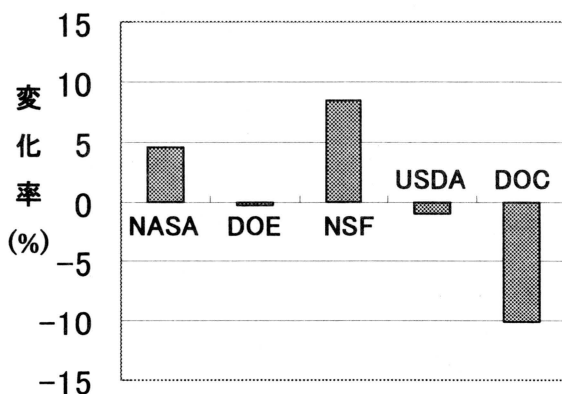
注: AAAS Report XXVI: R&D FY 2002およびR&D in the FY 2002 Department of Defense Budget, AAASをもとに作成

大統領案では、前年に比べて DOD および NIH の R&D 予算は 15%程度増加しているが、その他機関は現状並みか減少している。

5.4 下院予算案の概要

下院は 2002 年度 R&D 予算について、既に DOD、NIH を除く機関の予算案を作成済みであり、同予算案の対前年変化率は、図表 3 のとおりである。

図表 3 2002 年度政府 R&D 予算に関する下院の対前年変化率



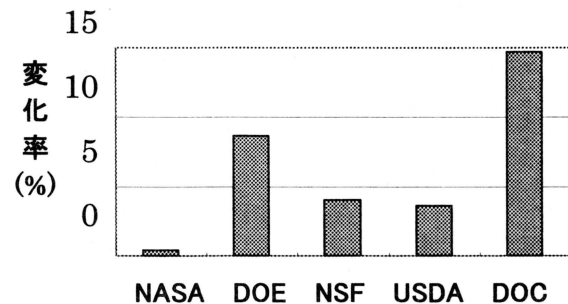
注: AAAS Analysis of R&D in the FY 2002 Bufdget (8/29版)をもとに作成

下院案では、前年に比べて NASA や NSF の R&D 予算が 5~8%増加しているが、DOC の R&D 予算は 10%程度減少している。

5.5 上院予算案の概要

上院も 2002 年度 R&D 予算について、既に DOD、NIH を除く機関の予算案を作成済みであり、同予算案の対前年変化率は、図表 4 のとおりである。

図表 4 2002 年度政府 R&D 予算に関する上院案の対前年変化率



注: AAAS Analysis of R&D in the FY 2002 Bufdget (8/29版)をもとに作成

上院案では、前年に比べて DOD や NIH 以外の機関の R&D 予算はすべて増加しており、特に DOC の増加が大きい。

5.6 予算案編成の動向

図表 2~図表 4 から、大統領案、下院案および上院案で多くの相違点があることが分かるが、この要因として、政党カラーの違いやロビー活動等が挙げられる。

DODと NIH を除く機関の R&D 予算は、前年に比べて大統領案ではどの機関も概ね減少しており、下院案では増える機関もあれば、減る機関もあり、上院案では概ね増加している。これには、政党カラーが大きく影響している。すなわち、共和党に属する大統領や同党の勢力が優勢な下院は、R&D 活動を産業に任せようとする同党のカラーを反映して、政府の R&D 投資を抑えようとする傾向が強い。一方、民主党勢力が優勢な上院は、政府主導で R&D を推進しようとする同党のカラーを反映して、十分に政府 R&D 投資を行おうとする傾向が強い。

さらに、図表 2 の大統領案において DOD や NIH の R&D 予算が増えた一方、それ以外の機関の予算が減っているのは、大統領が「減税、教育重視、国防力強化および NIH 支援拡大」を先の大統領選の公約にし

たことが大きく影響している。大統領は公約を果たすため、DOD や NIH の予算は増やそうとしているが、減税による歳入減が見込まれることで政府 R&D 予算全体を増やすことは困難であり、このしわ寄せとして、その他機関の R&D 予算を減らそうとしている。

次に、DOD と NIH を除く機関ごとに、R&D 予算を、大統領案、下院案、上院案で比較すると図表 5 となる。

図表 5 2002 年度 R&D 予算の対前年変化 (DOD、NIH 以外の政府機関対象)

機関	2001 年度 R&D 予算に対する 2002 年度の変化
NASA	大統領案、上院案では現状維持だが、 下院案では 5% 程度増加。
DOE	大統領案は減少、下院案は現状維持、 上院案は 10% 弱増加。
NSF	大統領案は減少、上下院案はともに増 加。
USDA	大統領案は 10% 弱減少、下院案はわ ずかに減少、上院案は 5% 弱増加。
DOC	大統領案および下院案は 10% 前後減 少、上院案は 15% 程度増加。

NSF の R&D 予算は、前年に比べて大統領案で減り、上下院では増えているが、この背景にはサイエンスコミュニティ等による議会への働きかけがある。AAAS の R&D 予算・政策プログラムの Koizumi ディレクターは、「サイエンスコミュニティ等が、各自の活動を支援する NSF の各種プログラムへ十分な予算を配分するよう議会へ働きかけており、これが議会審議に大きな影響を与えている。」とコメントしている。

また、DOC の R&D 予算は、前年に比べて大統領案および下院案で減る一方、上院では増えているが、これは同省の ATP(先端技術プログラム)に対する両党の主張が異なるためである。ATP とは、企業の基礎技術開発を助成するため、1988 年に創設されたプログラムで、共和党はこれを否定的に、民主党は肯定的に捉える傾向が強い。このため共和党に属する大統領や、同党が優勢な下院は 2002 年度予算に ATP 予算を計上していないが、民主党が優勢である上院は、対前年増の予算を計上している。

5.7 2002 年度政府 R&D 予算成立へ向けた見通し

2002 年度政府 R&D 予算成立へ向け、今後は上院、下院で DOD および NIH の予算案を作成し、さらにこれらを含むすべての機関の予算に関する下院案、上院案を両院協議会で一本化し、これに大統領がサインする必要がある。

ただし、DOD および NIH は予算規模が大きいだけでなく、大統領が対前年大幅増を希望しているが、6 月に大型減税法案が可決され、さらに GDP 実質成長率の下方修正による予算圧縮プレッシャーがかかっており、両院による DOD および NIH の予算案作成やその後の調整は難航する見通しである。このため、2002 年度政府 R&D 予算成立は、10 月に同年度の開始後、さらに数ヶ月程度ずれ込む見通しである。

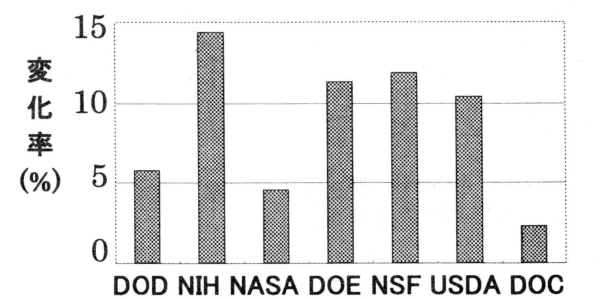
5.8 クリントン前政権とブッシュ政権の科学技術政策比較

2002 年度予算は、ブッシュ新政権にとってはじめての予算編成であり、今後の同政権の科学技術政策を方向付けるため、注目を集めている。前章まで大統領案、下院案および上院案から 2002 年度 R&D 予算の見通しについて展望したが、新政権での予算編成を、クリントン前政権下で組まれた予算編成と比べると、どういった特徴があるのだろうか。

本章では、ブッシュ政権下で出された 2002 年度政府 R&D 予算の大統領案、下院案および上院案と、クリントン前政権下で編成された 2001 年度政府 R&D 予算を比較する。

図表 6 に 2001 年度政府 R&D 予算の対前年変化率を示す。

図表 6 2001 年度政府 R&D 予算の対前年変化率



注: AAAS Report XXVI: R&D FY 2002をもとに作成

2001 年度 R&D 予算は、どの機関も対前年増であり、2002 年度 R&D 予算の大統領案、下院案および上院案と比べても多くの機関で増加割合が最大となっている。ただし、ブッシュ大統領が重視している DOD の R&D 予算は例外である。

これに関して SRI インターナショナル科学技術政策プログラムの Peterson ディレクターは、「クリントン前政権は、次世代ネットワークイニシアティブをはじめとする各種 IT イニシアティブ、国家ナノテクノロジーイニシアティブおよび NIH の予算倍増計画等、DOD 以外の機関における R&D 活動を幅広く支援したが、ブッシュ政権は DOD、NIH 以外の機関の R&D 支援には消極的である。」とコメントしている。

5.9 結言

米国の 2002 年度政府 R&D 予算の編成は難航しており、成立は同年度の開始後、数ヶ月程度ずれ込むことが予想される。

今後、議会審議では、

- ・ いかに DOD や NIH の R&D 予算増を抑えるか
- ・ DOD や NIH の予算増を賄うため、その他機関の予算をいかに圧縮するか、あるいは社会保障基金の黒字をいかに切り崩すか
- ・ ATP は予算を新規計上しないか、あるいは対前年増の予算を付け、手厚く支援するか

等が争点となるであろう。

科学技術動向研究センターのご紹介

科学技術動向研究センターとは

平成 13 年1月より内閣府総合科学技術会議が設置され、従来以上に戦略性を重視する政策立案が検討されています。科学技術政策研究所では、戦略策定に不可欠な重要科学技術分野の動向に関する調査・分析機能を充実・強化するため、1 月より新たに「科学技術動向研究センター」を設立いたしました。

本センターでは、第2期「科学技術基本計画」に示されたライフサイエンス、情報通信等の重点分野の最新動向に係る情報の収集や今後の方向性についての調査・研究に、下図に示すような体制で取り組んでいます。

センターがとりまとめた成果は、適宜、総合科学技術会議、文部科学省へ政策立案に資する資料として提供いたします。

センターの具体的な活動は以下の3つです。

(1)「科学技術専門家ネットワーク」による科学技術動向分析

わが国の産学官の研究者を「専門調査員」に委嘱して(7月 1 日現在 2670 人)、インターネットを利用して科学技術動向に関する幅広い情報を収集・分析する体制「科学技術専門家ネットワーク」を3月16日より運営しています。このネットワークを通じて、専門調査員より国内外の学会合、学術雑誌などで発表される研究成果等、注目すべき動向や今後の科学技術

の方向性等に関する意見等を広く収集いたします。

これらの情報に、センターが独自に行う調査・研究の結果を加え、毎月 1 回、「科学技術動向」としてまとめ、総合科学技術会議、文部科学省を始めとした科学技術関係機関等に配布いたします。なお、この資料は<http://www.nistep.go.jp>においても公開します。

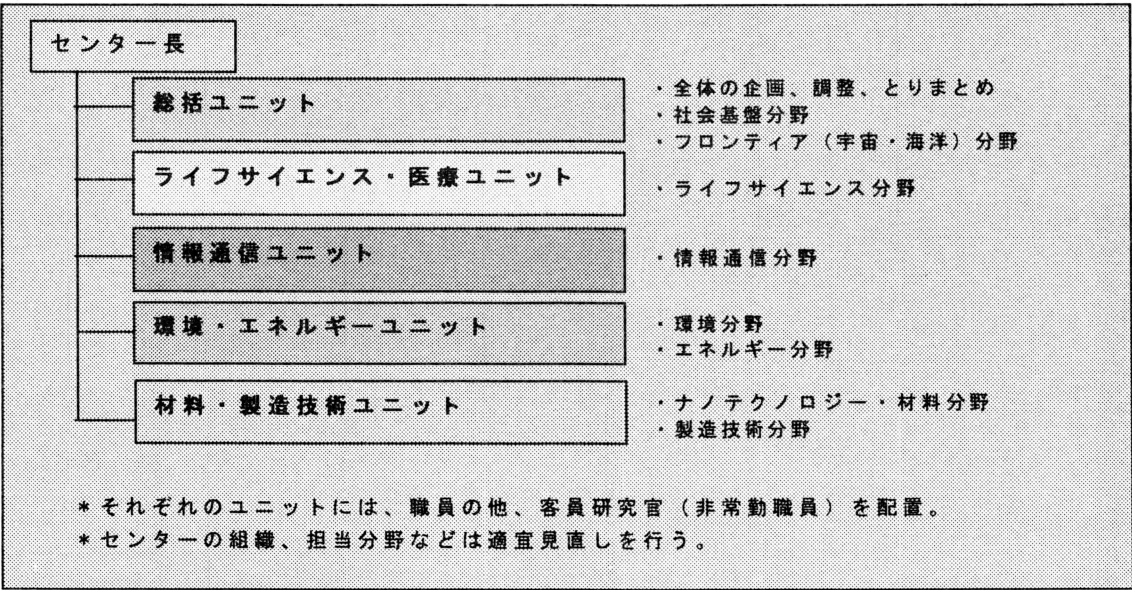
(2)重要科学技術分野・領域の動向の調査研究

今後、国として取り組むべき重点事項、具体的な研究開発課題等を明確にすることを目的とし、重要な科学技術分野・領域に関するキーテクノロジー等を調査・分析します。

さらに、重要な科学技術分野・領域ごとの科学技術水準を欧米先進国と比較し、わが国の科学技術がどのような位置にあるのかについての調査・分析も行います。

(3)技術予測に関する調査研究

当研究所では、科学技術の長期的将来動向を総合的に把握するため、デルファイ法による技術予測調査をほぼ5年ごとに実施しています。これは、今後 30 年間の重要技術を抽出して、重要技術の重要性評価や実現予測時期を分析するものであり、センターは、多くの専門家の協力により本調査を引き続き実施いたします。



※このレポートについてのご意見、お問い合わせは、下記のメールアドレス
または電話番号までお願いいたします

SCIENCE & TECHNOLOGY TRENDS

September 2001

(NO. 6)

Science & Technology Foresight Center
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

文部科学省科学技術政策研究所
科学技術動向研究センター
連絡先：〒100-0013 東京都千代田区霞が関 1-3-2
電話 03-3581-0605
FAX 03-3503-3996
URL <http://www.nistep.go.jp>
Email stfc@nistep.go.jp

NISTEP

Science & Technology Foresight Center
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

TEL 03-3581-0605 FAX 03-3503-3996
URL <http://www.nistep.go.jp> E-mail stfc@nistep.go.jp